

Rec'd PCT/PTO 11 FEB 2005

PCT/E S 03/00421

#2



MINISTERIO
DE CIENCIA
Y TECNOLOGIA



Oficina Española
de Patentes y Marcas

REC'D 15 OCT 2003

WIPO

PCT

CERTIFICADO OFICIAL

Por la presente certifico que los documentos adjuntos son copia exacta de la solicitud de PATENTE de INVENCION número 200201931, que tiene fecha de presentación en este Organismo el 14 de Agosto de 2002.

Madrid, 23 de septiembre de 2003

El Director del Departamento de Patentes
e Información Tecnológica.

P.D.

M^a DEL MAR BIARGE MARTÍNEZ

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY



MINISTERIO
DE CIENCIA
Y TECNOLOGIA

Oficina Española
de Patentes y Marcas

INSTANCIA DE SOLICITUD

NUMERO DE SOLICITUD

P200201931

02 AGO 2004 13:49

FECHA Y HORA DE PRESENTACIÓN EN LA O.E.P.M.

FECHA Y HORA PRESENTACIÓN EN LUGAR DISTINTO O.E.P.M.

(4) LUGAR DE PRESENTACIÓN
MADRID

CÓDIGO
28

(1) MODALIDAD

☒ PATENTE DE INVENCION ☐ MODELO DE UTILIDAD

(2) TIPO DE SOLICITUD

☐ ADICIÓN A LA PATENTE
☐ SOLICITUD DIVISIONAL
☐ CAMBIO DE MODALIDAD
☐ TRANSFORMACIÓN SOLICITUD PATENTE EUROPEA
☐ PCT: ENTRADA FASE NACIONAL

(3) EXPED. PRINCIPAL O DE ORIGEN:
MODALIDAD

NUMERO SOLICITUD
FECHA SOLICITUD

(5) SOLICITANTE(S): APELLIDOS O DENOMINACIÓN SOCIAL

NOMBRE

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE
VALENCIA

NACIONALIDAD

ESPAÑOLA

CÓDIGO PAÍS

ES

DNI/CIF

Q-46-1800
2-B

CNAE PYME

(6) DATOS DEL PRIMER SOLICITANTE

DOMICILIO CTT-Ed. I1-I2 Camino de la Vera, s/n.

LOCALIDAD

PROVINCIA VALENCIA

PAIS RESIDENCIA ESPAÑA

NACIONALIDAD ESPAÑOLA

TELEFONO

FAX

CORREO ELECTRONICO

CÓDIGO POSTAL 46022

CÓDIGO PAIS ES

CÓDIGO NACION ES

(7) INVENTOR (ES):

APELLIDOS

NOMBRE

NACIONALIDAD

CÓDIGO PAÍS

MARTI SENDRA
MARTINEZ ABIETAR
SANCHIS KILDERS

JAVIER
ALEJANDRO
PABLO

ESPAÑOLA
ESPAÑOLA
ESPAÑOLA

ES
ES
ES

(8)

☐ EL SOLICITANTE ES EL INVENTOR

☒ EL SOLICITANTE NO ES EL INVENTOR O ÚNICO INVENTOR

(9) MODO DE OBTENCIÓN DEL DERECHO:

☒ INVENC. LABORAL

☐ CONTRATO

☐ SUCESIÓN

(9) TÍTULO DE LA INVENCION

SISTEMA DE ACOPLAMIENTO ENTRE GUÍAS ÓPTICAS DIELECTRICAS Y GUÍAS EN CRISTALES FOTÓNICOS PLANARES

(11) EFECTUADO DEPÓSITO DE MATERIA BIOLÓGICA:

☐ SI

☒ NO

(12) EXPOSICIONES OFICIALES: LUGAR

FECHA

(13) DECLARACIONES DE PRIORIDAD:
PAIS DE ORIGEN

CÓDIGO PAÍS

NÚMERO

FECHA

(14) EL SOLICITANTE SE ACOGE AL APLAZAMIENTO DE PAGO DE TASAS PREVISTO EN EL ART. 162. LEY 11/86 DE PATENTES ☐

(15) AGENTE/REPRESENTANTE: NOMBRE Y DIRECCIÓN POSTAL COMPLETA. (SI AGENTE P.I.; NOMBRE Y CÓDIGO) (RELLÉNSE, ÚNICAMENTE POR PROFESIONALES)
CARPINTERO LOPEZ, FRANCISCO, 403/0, ALCALA, 35, MADRID, MADRID, 28014, ESPAÑA

(16) RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN:

☒ DESCRIPCIÓN. Nº DE PÁGINAS: 12

☒ Nº DE REIVINDICACIONES: 2

☒ DIBUJOS. Nº DE PÁGINAS: 6

☐ LISTA DE SECUENCIAS Nº DE PÁGINAS: 0

☒ RESUMEN

☐ DOCUMENTO DE PRIORIDAD

☐ TRADUCCIÓN DEL DOCUMENTO DE PRIORIDAD

☒ DOCUMENTO DE REPRESENTACIÓN

☐ JUSTIFICANTE DEL PAGO DE TASAS DE SOLICITUD

☐ HOJA DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

☐ PRUEBAS DE LOS DIBUJOS

☐ CUESTIONARIO DE PROSPECCIÓN

☒ OTROS: DISKETTE CON MEMORIA

FIRMA DEL SOLICITANTE O REPRESENTANTE

FRANCISCO CARPINTERO LOPEZ

(VER COMUNICACIÓN)

FIRMA DEL FUNCIONARIO

NOTIFICACIÓN DE PAGO DE LA TASA DE CONCESIÓN:

Se le notifica que esta solicitud se considerará retirada si no procede al pago de la tasa de concesión; para el pago de esta tasa dispone de tres meses a contar desde la publicación del anuncio de la concesión en el BOPI, más los diez días que establece el art. 81 del R.D. 2245/1986

ILMO. SR. DIRECTOR DE LA OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

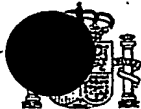
Informacion@oeppm.es

www.oeppm.es

C/ PANAMA, 1 • 28071 MADRID

MOD. 3001 - 1- EJEMPLAR PARA EL EXPEDIENTE

NO CUMPLIMENTAR LOS RECUADROS ENMARCADOS EN ROJO



RESUMEN Y GRÁFICO

RESUMEN (Máx. 150 palabras)

SISTEMA DE ACOPLAMIENTO ENTRE GUÍAS ÓPTICAS DIELECTRICAS Y GUÍAS EN CRISTALES FOTÓNICOS PLANARES

Una técnica para optimizar el acoplamiento de señal entre una guía dieléctrica y una guía en cristal fotónico. La técnica se basa en la introducción de defectos puntuales en una estructura de acoplamiento necesaria para adaptar la anchura entre ambas guías. El número y características de los defectos dependerá tanto de las características de la estructura de acoplo como de las guías dieléctrica y en cristal fotónico. La introducción de los defectos en dicha estructura optimiza el acoplamiento en un amplio margen de frecuencias permitiendo así la introducción / extracción de señales ópticas de cualquier dispositivo realizado mediante cristales fotónicos sin la pérdida de prestaciones derivadas de un acoplamiento ineficiente.

GRÁFICO

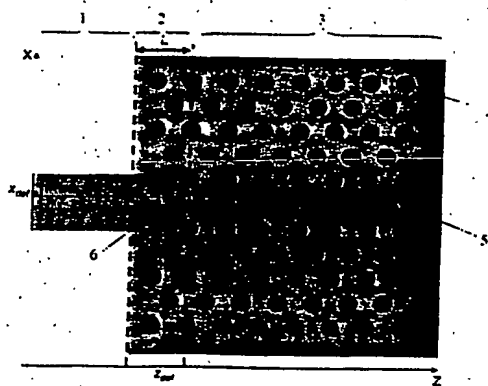


FIG.1



12

SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION

21 NÚMERO DE SOLICITUD
P200201931

31 NÚMERO

DATOS DE PRIORIDAD

32 FECHA

33 PAÍS

22 FECHA DE PRESENTACIÓN

14/08/2002

62 PATENTE DE LA QUE ES
DIVISORIA

71 SOLICITANTE (S)

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

DOMICLIO CTT-Ed. I1-I2 Camino de la Vera, s/n

NACIONALIDAD ESPAÑOLA

72 INVENTOR (ES)

JAVIER MARTI SENDRA, ALEJANDRO MARTINEZ ABIETAR, PABLO SANCHIS KILDERS

51 Int. Cl.

GRÁFICO (SÓLO PARA INTERPRETAR RESUMEN)

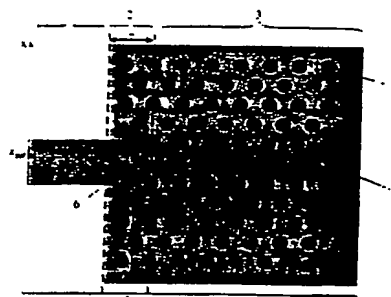


FIG.1

54 TÍTULO DE LA INVENCION

SISTEMA DE ACOPLAMIENTO ENTRE GUÍAS ÓPTICAS
DIELECTRICAS Y GUÍAS EN CRISTALES FOTÓNICOS PLANARES

57 RESUMEN

SISTEMA DE ACOPLAMIENTO ENTRE GUÍAS ÓPTICAS DIELECTRICAS Y GUÍAS EN CRISTALES FOTÓNICOS PLANARES

Una técnica para optimizar el acoplamiento de señal entre una guía dieléctrica y una guía en cristal fotónico. La técnica se basa en la introducción de defectos puntuales en una estructura de acoplamiento necesaria para adaptar la anchura entre ambas guías. El número y características de los defectos dependerá tanto de las características de la estructura de acoplo como de las guías dieléctrica y en cristal fotónico. La introducción de los defectos en dicha estructura optimiza el acoplamiento en un amplio margen de frecuencias permitiendo así la introducción / extracción de señales ópticas de cualquier dispositivo realizado mediante cristales fotónicos sin la pérdida de prestaciones derivadas de un acoplamiento ineficiente.



12

SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION

21 NÚMERO DE SOLICITUD
P200201931

31 NÚMERO

DATOS DE PRIORIDAD

32 FECHA

33 PAÍS

22 FECHA DE PRESENTACIÓN

14/08/2002

62 PATENTE DE LA QUE ES
DIVISORIA

71 SOLICITANTE (S)

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

DOMICLIO CTT-Ed. I1-I2 Camino de la Vera, s/n

NACIONALIDAD ESPAÑOLA

72 INVENTOR (ES)

JAVIER MARTI SENDRA, ALEJANDRO MARTINEZ ABIETAR, PABLO SANCHIS KILDERS

51 Int. Cl.

GRÁFICO (SÓLO PARA INTERPRETAR RESUMEN)

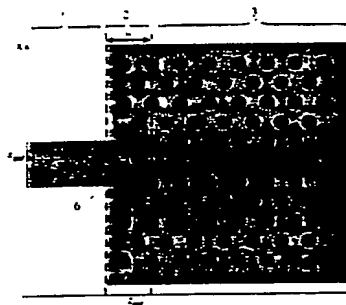


FIG.1

54 TÍTULO DE LA INVENCION

SISTEMA DE ACOPLAMIENTO ENTRE GUÍAS ÓPTICAS
DIELECTRICAS Y GUÍAS EN CRISTALES FOTÓNICOS PLANARES

57 RESUMEN

SISTEMA DE ACOPLAMIENTO ENTRE GUÍAS ÓPTICAS DIELECTRICAS Y GUÍAS EN CRISTALES FOTÓNICOS PLANARES

Una técnica para optimizar el acoplamiento de señal entre una guía dieléctrica y una guía en cristal fotónico. La técnica se basa en la introducción de defectos puntuales en una estructura de acoplamiento necesaria para adaptar la anchura entre ambas guías. El número y características de los defectos dependerá tanto de las características de la estructura de acoplo como de las guías dieléctrica y en cristal fotónico. La introducción de los defectos en dicha estructura optimiza el acoplamiento en un amplio margen de frecuencias permitiendo así la introducción / extracción de señales ópticas de cualquier dispositivo realizado mediante cristales fotónicos sin la pérdida de prestaciones derivadas de un acoplamiento ineficiente.

**SISTEMA DE ACOPLAMIENTO ENTRE GUÍAS ÓPTICAS
DIELÉCTRICAS Y GUÍAS EN CRISTALES FOTÓNICOS
PLANARES**

5

DESCRIPCIÓN

OBJETO DE LA INVENCION

10

La presente invención consiste en una técnica que optimiza la eficiencia de acoplamiento de señal entre guías ópticas dieléctricas y guías ópticas realizadas en cristales fotónicos planares. La técnica se basa en la introducción de defectos puntuales en las posiciones adecuadas en el interior de una estructura de acoplamiento realizada también con cristal fotónico.

15

Dicha estructura de acoplamiento adapta únicamente las anchuras de la guía de entrada (o salida) dieléctrica con la guía realizada en el cristal fotónico. La técnica que se propone optimiza la eficiencia en la transferencia de potencia óptica entre una guía óptica dieléctrica y una guía óptica en cristal fotónico. El número de defectos así como sus características dependerán tanto de las características de la estructura de acoplamiento como de las características de la guía dieléctrica y de la guía en cristal fotónico.

20

25

La presente invención tiene su campo de aplicación en cualquier dispositivo basado en cristales fotónicos bidimensionales. La invención aporta características esenciales de novedad y notables ventajas en cuanto a la mejora de la eficiencia de acoplamiento con respecto a la estructura de acoplamiento sin defectos, así como frente a otras estructuras propuestas anteriormente tanto en la literatura como en otras patentes.

30

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los cristales fotónicos están formados por materiales con una constante dieléctrica que varía de forma periódica en una (1D), dos (2D) o tres dimensiones (3D). Esta periodicidad da lugar a la aparición de bandas de frecuencias en las que la propagación de señal no está permitida en el interior del cristal. Estas bandas prohibidas se conocen comúnmente en terminología anglosajona como *Photonic Band Gap (PBG)*. El control de la propagación de la luz se consigue creando defectos que rompen la periodicidad del cristal. La creación de defectos lineales hace que aparezcan modos guiados dentro de la banda prohibida permitiendo la propagación de la luz únicamente en el defecto creado. Aunque el control total de la luz se consigue a partir de cristales fotónicos 3D, el control de la luz en tres dimensiones puede también conseguirse con cristales fotónicos planares 2D, reduciendo así el coste y complejidad de fabricación. En este caso la luz queda confinada en la dirección perpendicular al plano del cristal si la constante dieléctrica de los materiales por encima y por debajo del cristal es menor a la constante dieléctrica del defecto creado en el cristal.

En los cristales fotónicos planares (2D) el índice de refracción del material varía periódicamente según una determinada red bidimensional en un plano, mientras que no posee periodicidad en la dimensión perpendicular al plano. Se considera que el vector de onda de las señales que se propagan está contenido en el plano del cristal y no tiene componente perpendicular a éste. Se considera además que el campo no varía en la dirección perpendicular al plano del cristal. Las implementaciones más típicas consisten en agujeros de aire en un sustrato de índice de refracción significativamente mayor que el del aire, o bien, formados por una red de columnas de dieléctrico situadas de forma periódica de acuerdo a una constante de red. Las características de la banda prohibida vienen

determinadas por el valor de la constante de red así como del radio, altura y contraste de índices de refracción entre los agujeros o columnas y el substrato que los rodea. La anchura de la banda prohibida aumenta conforme aumenta dicho contraste de índices de refracción. La creación de defectos lineales se realiza eliminando una fila de agujeros o columnas, formando así una guía en cristal fotónico. El defecto lineal origina un modo confinado cuyas frecuencias están en el interior de la banda prohibida. Dichas frecuencias están permitidas sólo en el defecto lineal y no en el resto del cristal, por lo que el modo sólo existe en la región del defecto que actúa de guía de onda.

10

Las principales ventajas de los dispositivos basados en cristal fotónico son una reducción considerable de su tamaño permitiendo el desarrollo de circuitos ópticos de alto nivel de integración y la posibilidad de implementar guías curvadas con radios del orden de la longitud de onda de la señal que se propaga sin pérdidas significativas, lo cuál es fundamental para el desarrollo de la microfotónica. Sin embargo uno de los aspectos claves son las altas pérdidas de acoplamiento que aparecen tanto cuando se pretende introducir luz en el circuito de cristal fotónico mediante una guía dieléctrica como cuando se pretende extraer la luz de éste hacia una guía dieléctrica. El origen de estas pérdidas se debe a la diferente anchura espacial e impedancia del modo que se propaga en ambas estructuras así como la diferente naturaleza del mecanismo de propagación de la luz. En las guías dieléctricas, la propagación de la luz se consigue por reflexión total interna gracias a la diferencia de índices de refracción entre el núcleo y las capas que lo rodean. Por el contrario, en las guías en cristal fotónico la propagación de la luz se consigue gracias a la excitación de modos de Bloch que se guían a lo largo del defecto. Esta diferencia puede entenderse como una desadaptación entre las impedancias de ambas guías, resultando en un aumento de la reflexión en el interfaz entre ellas, lo que empeora la eficiencia de acoplamiento tanto en la entrada como en la salida.

30

Para mejorar la eficiencia de acoplamiento se han propuesto recientemente distintas estructuras. En la patente con referencia US6381389 se propone una estructura y técnica de acoplamiento basada en la utilización de un cristal fotónico sin defectos y en forma de prisma. La técnica de acoplamiento se basa en aprovechar la naturaleza altamente dispersiva del cristal que origina un fenómeno conocido como superprisma, consiguiéndose una reducción (o aumento, según interese) significativa de la anchura del haz de luz. Sin embargo, la principal desventaja de esta estructura reside en las elevadas pérdidas de acoplamiento que presenta.

10

Otra de las estructuras propuestas es la utilización de un acoplador con red de difracción que permite el acoplamiento de luz de una fibra óptica a una guía en cristal fotónico. El principal inconveniente de esta técnica es que la luz se debe introducir/extraer en un plano perpendicular al dispositivo en cuestión, lo que dificulta su integración. También se ha propuesto la reducción gradual de la anchura de la guía dieléctrica hasta cero formando una estructura en forma de cuña. Dicha estructura se introduce en el interior de la guía en cristal fotónico de manera que es como si la señal se radiase de la guía dieléctrica al interior de la guía en cristal fotónico. Sin embargo esta solución implica que el índice de refracción de la guía dieléctrica deber ser distinta al índice de refracción del material de la guía en cristal fotónico. Además, la estructura tipo cuña no permite el acoplamiento en guías dieléctricas con un alto contraste de índices de refracción.

25

Para resolver estos inconvenientes se ha propuesto realizar el acoplamiento con estructuras realizadas directamente en el cristal fotónico. Una de las técnicas propuestas con la que se han demostrado buenos resultados es la variación gradual del radio de las columnas del cristal. Sin embargo esta solución exige que la anchura de la guía dieléctrica y la guía en

30

crystal fotónico sean similares. Además la fabricación de la estructura es complicada ya que son necesarias precisiones de fabricación muy altas.

5 Una estructura más versátil es la variación gradual de la anchura de la guía en cristal fotónico quitando las columnas necesarias para adaptar la anchura de dicha guía a la de la guía dieléctrica. Esta estructura consigue acoplar la luz en un amplio margen de frecuencias y además con una longitud del acoplamiento muy pequeña, sin embargo, la eficiencia media de acoplamiento en la banda de operación es relativamente baja, porque
10 aunque hay adaptación de la anchura transversal del modo, no hay adaptación de las impedancias de los modos.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

15

 El objeto de esta invención es una técnica de acoplamiento basada en la introducción de uno o más defectos puntuales con características propias en la estructura de acoplamiento mencionada anteriormente. La introducción de los defectos actúa como un adaptador de impedancias
20 optimizando así la eficiencia del acoplamiento entre la guía dieléctrica y la guía en cristal fotónico.

 El número de defectos así como las características de cada uno de ellos dependerá tanto de las características de las guías dieléctrica y en
25 cristal fotónico como de las características de la estructura de acoplamiento empleada para adaptar las anchuras entre ambas guías. Esta técnica mejora considerablemente la eficiencia de acoplamiento en un amplio margen de frecuencias respecto a la estructura sin defectos y además es útil tanto para introducir como extraer luz de dispositivos realizados mediante cristales
30 fotónicos planares. Además esta técnica optimiza el acoplamiento no solo a

las guías en cristal fotónico tradicionales sino que también a otro tipo de guías en cristal fotónico como por ejemplo las basadas en cavidades acopladas (*Coupled-Resonator Optical Waveguide*, CROW).

5

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La Figura 1.- Muestra el acoplamiento entre una guía de dieléctrico de anchura w a una guía en cristal fotónico con constante de red a y radio de los cilindros R . El dispositivo de acoplamiento está formado por un defecto de radio distinto al de las columnas del cristal e insertado dentro de la estructura de acoplamiento necesaria para adaptar las anchuras de la guía dieléctrica y la guía en cristal fotónico.

20

La Figura 2.- Muestra una representación en tres dimensiones con la técnica de acoplamiento propuesta pero esta vez con dos defectos.

La Figura 3.- Muestra un corte en el plano horizontal de la guía dieléctrica.

25

La Figura 4.- Muestra un corte en el plano vertical de la Figura 2 en el que se puede ver los dos defectos situados en posiciones distintas y con un radio distinto.

30

La Figura 5.- Muestra la respuesta en transmisión para la implementación mostrada en la Figura 1 en función de la anchura de la guía dieléctrica normalizada por la constante de red, el radio del defecto normalizado por el radio de las columnas del cristal y la posición relativa del defecto en el eje z también normalizada por la constante de red del cristal. En este último caso el gráfico insertado muestra el origen de coordenadas tenido en cuenta.

La Figura 6.- Muestra la respuesta en frecuencia normalizada en transmisión y reflexión para la implementación mostrada en la Figura 1. La potencia reflejada medida es únicamente la que se refleja en la guía dieléctrica.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

Para llevar a cabo la descripción detallada que sigue de la realización preferida de la presente invención, se hará referencia permanente a los dibujos de las Figuras, a través de las cuales se han utilizado las mismas referencias numéricas para las partes iguales o similares.

La Figura 1 muestra una vista esquemática de la estructura de acoplamiento para un caso particular basado en la introducción de un defecto (6) en la estructura de acoplamiento (2) de longitud L necesaria para conseguir la adaptación de las anchuras entre la guía dieléctrica (1) y la guía en cristal fotónico (3). Se observa como la estructura de adaptación (2) está formada eliminando los cilindros apropiados para aumentar el ancho de la guía en cristal fotónico hasta una anchura similar a de la guía dieléctrica. El cristal fotónico está formado por una serie de cilindros (4) dispuestos según una red periódica triangular bidimensional con una constante de red a . El

radio de los cilindros es R y están formados por un material con índice de refracción distinto al del medio (5) que rodea las columnas. La técnica de acoplamiento es válida tanto para introducir luz de una guía dieléctrica a una guía en cristal fotónico como para extraer luz de una guía en cristal fotónico a una guía dieléctrica. Del mismo modo, aunque en la estructura particular que se comenta aquí se considera una red bidimensional de cilindros de alto índice de refracción sobre un sustrato planar con un índice de refracción menor, la técnica de acoplamiento es igualmente válida para el caso de una estructura formada por una red bidimensional de agujeros de aire en un sustrato de alto índice de refracción, ya que los principios físicos subyacentes a la técnica de acoplo son los mismos. En ambos casos se considera que la guía óptica dieléctrica de entrada o salida está formada por el mismo material que compone el sustrato del cristal fotónico.

El número y disposición de los defectos puede ser distinto al mostrado en la Figura 1. Asimismo el valor del índice de refracción puede ser distinto también en cada uno de los posibles defectos. Un ejemplo con una distribución alternativa de defectos se muestra en la Figura 2 en una representación en tres dimensiones. En este caso podemos ver que se han introducido 2 defectos (7,8) para maximizar el acoplamiento. El cristal tiene una capa de dieléctrico por encima (9) y otra por debajo (10). El índice de refracción de estas dos capas debe ser idéntico por condiciones de simetría y menor que el índice de refracción del material (5) que compone las guías de onda en el cristal. De esta forma se asegura el confinamiento en la dirección transversal de la señal cuando ésta se propaga por la guía creada en el cristal. La altura de las columnas será un parámetro de diseño que dependerá de las características concretas del cristal fotónico.

La sección transversal de la guía dieléctrica se muestra en la Figura 3. La guía dieléctrica esta formada por un núcleo (11) rodeado por

una capa superior (13) e inferior (12). El índice de refracción del núcleo (11) debe ser mayor que el índice de refracción de las capas superior (13) e inferior (12) para que exista guiado por reflexión total interna. Además el índice de refracción en la capa superior (13) e inferior (12) podrá ser distinto siempre que se cumpla la restricción anterior.

En la Figura 4 se muestra una sección transversal de la estructura en tres dimensiones mostrada en la Figura 2. En este caso se observa la introducción de los dos defectos (7,8) con radios r_1 y r_2 distintos. Además la posición relativa dentro de la estructura de acoplamiento es distinta siendo (X_{def_1}, Z_{def_1}) para el defecto (7) y (X_{def_2}, Z_{def_2}) para el defecto (8). El número de defectos así como sus características dependerán tanto del tamaño de la estructura de adaptación L_T como de su anchura W_T .

Un posible método para la elección del número y posición óptima de defectos es realizar un barrido con un solo defecto en el eje z manteniéndolo sobre el eje de simetría especular de la guía siendo la orientación de los ejes la mostrada en la Figura 4. La respuesta en transmisión obtenida tiene una forma oscilante con una serie de máximos de diferente amplitud en diferentes posiciones del eje z . Colocando los defectos adecuadamente en dichas posiciones y obteniendo posteriormente el radio óptimo de cada uno de ellos se conseguirá maximizar la eficiencia de acoplamiento.

Para demostrar el funcionamiento de la técnica se presentan los resultados obtenidos para el caso particular de la Figura 1. Las Figura 5 y 6 muestran los resultados obtenidos mediante simulación empleando el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo (*finite-difference time-domain*, FDTD). La longitud de acoplamiento L es de $0.5 \mu\text{m}$. La longitud de onda considerada es de $1.55 \mu\text{m}$, valor comúnmente empleado para

comunicaciones ópticas. El cristal está formado por columnas con un índice de refracción de 3.4 que emula un material de Silicio (Si) para la longitud de onda considerada. El material que rodea las columnas presenta un índice de refracción de 1.45 correspondiente a un material de Óxido de Silicio (SiO_2) para la longitud de onda considerada. Las columnas están dispuestas en forma de red triangular con una constante de red, a , de 465 nm y con un radio de $0.2a$. El cristal con estas características presenta una banda prohibida en el rango de frecuencias normalizadas entre $0.26 a/\lambda$ y $0.36 a/\lambda$. La guía dieléctrica de entrada tiene un índice de refracción de 1.45. El material por encima y por debajo de la guía es aire.

En la Figura 5 se observa la respuesta en transmisión en función de la anchura de la guía dieléctrica normalizada por la constante de red (14-16), el radio del defecto normalizado por el radio de las columnas que forman el cristal (17) y la posición relativa del defecto en el eje z normalizado por la constante de red (18). Se considera que la señal de entrada es una onda plana monocromática cuya longitud de onda es $1.55 \mu\text{m}$. A dicha longitud de onda existen modos guiados tanto en la guía dieléctrica como en la guía en cristal fotónico. En el caso de la anchura normalizada a la constante de red se muestra la estructura de acoplamiento con defecto (14), sin defecto (15) y para el acoplamiento directo sin ninguna estructura de acoplamiento (16). Se observa que la transmisión para (14) supera a los otros dos casos estando por encima del 80% para un amplio rango de valores de anchura de la guía dieléctrica de entrada. El óptimo se consigue para $3.22a$ que corresponde a una anchura de $1.5 \mu\text{m}$ para el valor de constante de red considerado.

El radio óptimo del defecto se obtiene a partir de la gráfica (17) donde se observa la variación de la transmisión con el radio del defecto considerando la anchura de la guía dieléctrica óptima obtenida anteriormente.

Se observa que el máximo de transmisión viene dado para $0.5R$, que fue el valor que se empleó para hallar los resultados previos (14-16).

5 A partir de los valores óptimos de radio del defecto y anchura de la guía dieléctrica se ha obtenido la posición óptima normalizada por la constante de red en los ejes x y z , siendo la orientación de estos la mostrada en la Figura 1. La posición óptima en el eje x coincide con el eje de simetría especular de la estructura, según se observa en la gráfica (18). Por contra la posición óptima en el eje z es $0.6a$, teniendo en cuenta el origen de
10 coordenadas mostrado en (19). En este caso la transmisión mejora del 84.6% al 87.5% respecto al valor de $0.5a$ considerado anteriormente.

Sin embargo, los resultados anteriores se han obtenido para una única longitud de onda, concretamente para $1.55 \mu\text{m}$. En la Figura 6 se
15 muestran el espectro en frecuencia para la respuesta en transmisión (20,21) y en reflexión en unidades lineales normalizadas (22,23) considerándose en este último caso únicamente la reflexión en la guía dieléctrica. Los resultados para la estructura de acoplamiento con defecto corresponden a (20) y (22) mientras los resultados (21) y (23) corresponden a la estructura de acoplamiento sin
20 defecto. Se observa que la introducción del defecto mejora notablemente la transmisión (20) respecto al caso sin defecto (21). Consecuentemente la reflexión en la guía dieléctrica es también mucho más baja para la estructura de acoplamiento con defecto (22) respecto a la estructura sin defecto (23). La transmisión abarca todo el margen de frecuencias normalizadas para los que
25 existe el modo que aparece dentro de la banda prohibida del cristal y que se propaga en la guía en cristal fotónico. La transmisión media en este margen de frecuencias es del 78.5% mejorando en un 30% el valor obtenido mediante la estructura de acoplamiento sin defecto.

REIVINDICACIONES

5 1ª.- Sistema de acoplamiento entre guías ópticas dieléctricas y guías en cristales fotónicos planares, caracterizado porque consiste en la introducción de defectos puntuales en cualquier tipo de estructura de acoplamiento necesaria para la adaptación de la anchura entre ambas guías, habiéndose previsto que el número de defectos pueda ser cualquiera así como sus características: radio, constante dieléctrica, posición relativa y altura.

10

 2ª.- Sistema de acoplamiento entre guías ópticas dieléctricas y guías en cristales fotónicos planares, según reivindicación 1ª, caracterizado porque la estructura de acoplamiento para adaptación de la anchura entre ambas guías puede ser de cualquier longitud, anchura y forma, dependiendo de las características tanto de la guía dieléctrica como de la guía en cristal fotónico.

15

 3ª.- Sistema de acoplamiento entre guías ópticas dieléctricas y guías en cristales fotónicos planares, según reivindicación 1ª, caracterizado porque con cualquier cristal fotónico, es decir con cualquier tipo de red, tanto triangular como cuadrada, permite además cualquier valor de constante de red, radio y altura de los cilindros y contraste de índices entre el material de las columnas, el material que rodea las columnas y el material por encima y por debajo del cristal.

25

 4ª.- Sistema de acoplamiento entre guías ópticas dieléctricas y guías en cristales fotónicos planares, según reivindicación 1ª, caracterizado porque la guía dieléctrica puede tener cualquier tipo de configuración (anchura y altura del núcleo y capas que lo rodean) e índices de refracción, incluyéndose también la fibra óptica.

30

5^a.- Sistema de acoplamiento entre guías ópticas dieléctricas y guías en cristales fotónicos planares, según reivindicación 1^a, caracterizado porque la guía en cristal fotónico puede ser de cualquier anchura y tipo, incluyéndose también las guías basadas en caridades acopladas (CROW).

5

6^a.- Sistema de acoplamiento entre guías ópticas dieléctricas y guías en cristales fotónicos planares, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque incluye un método para la elección del número de defectos óptimo así como las características de cada uno de ellos, tanto para introducir la luz de una guía dieléctrica a una guía en cristal fotónico como para extraer la luz de una guía en cristal fotónico a una guía dieléctrica.

10

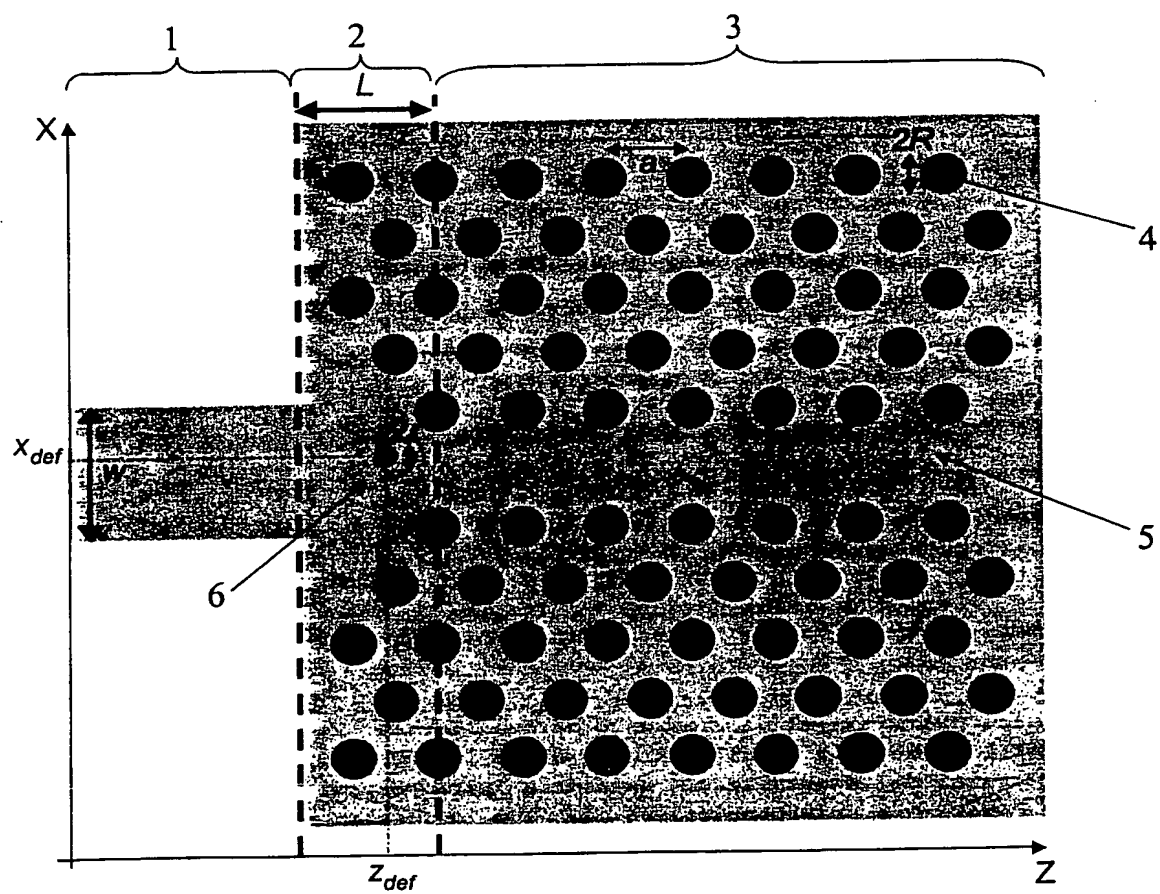


FIG.1

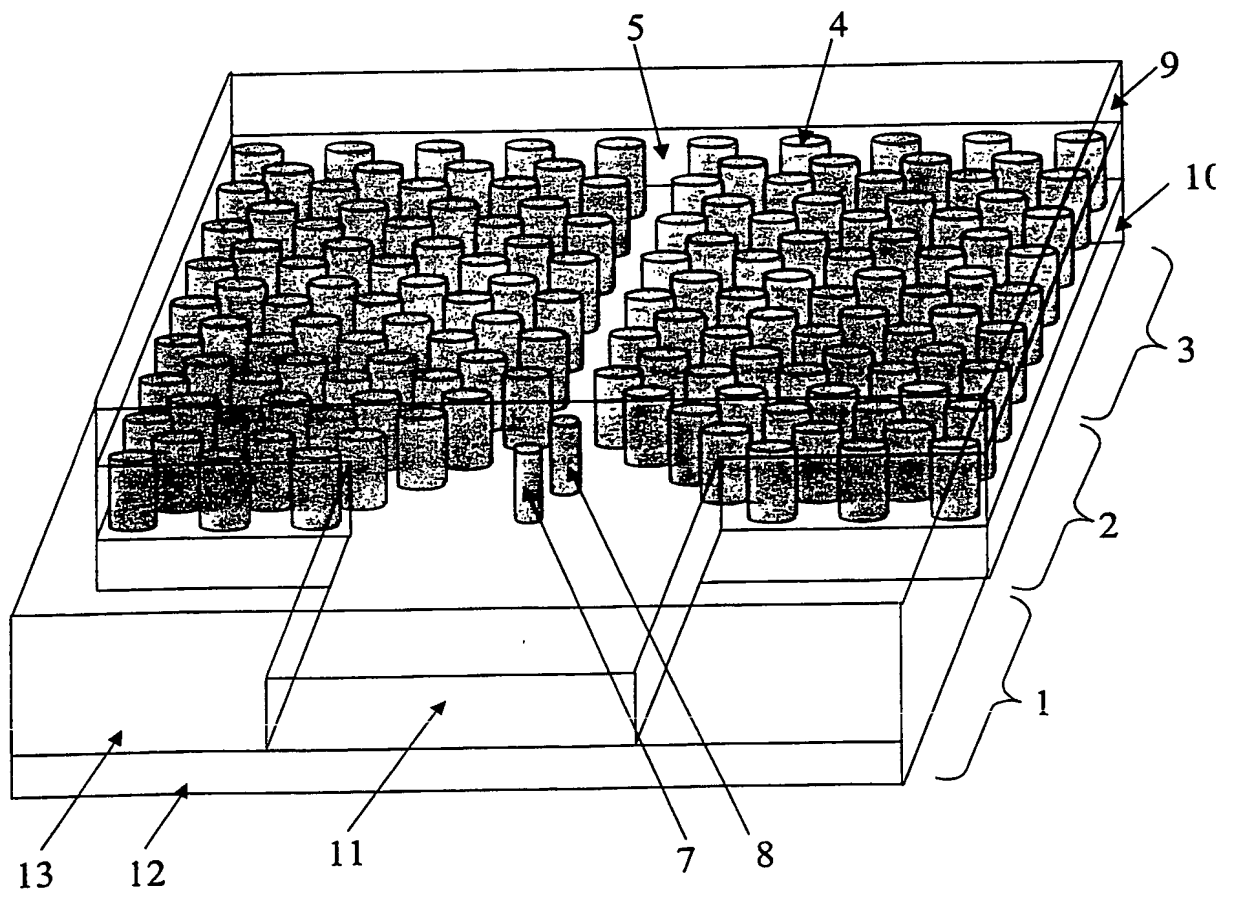


FIG.2

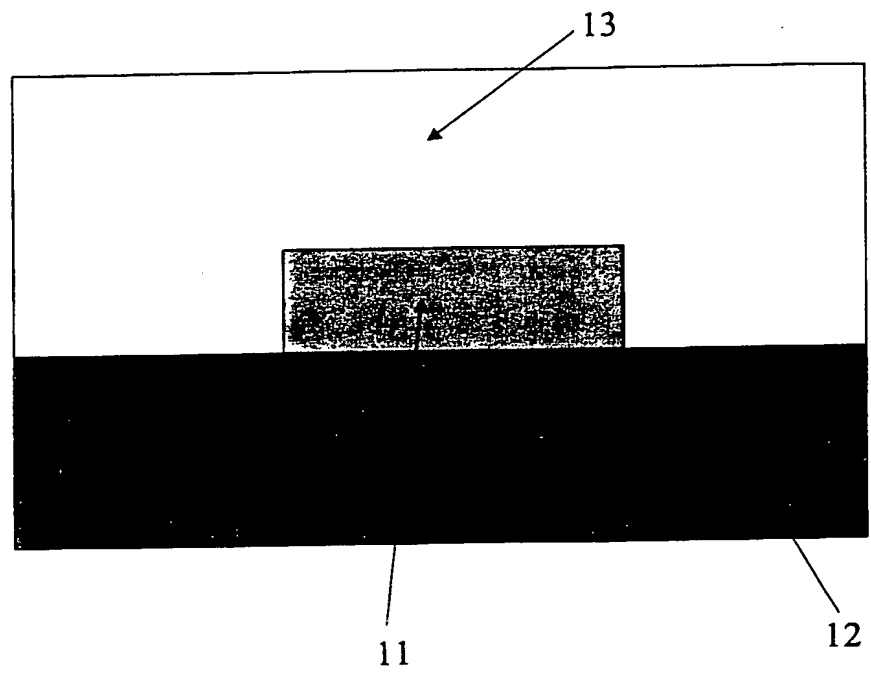


FIG.3

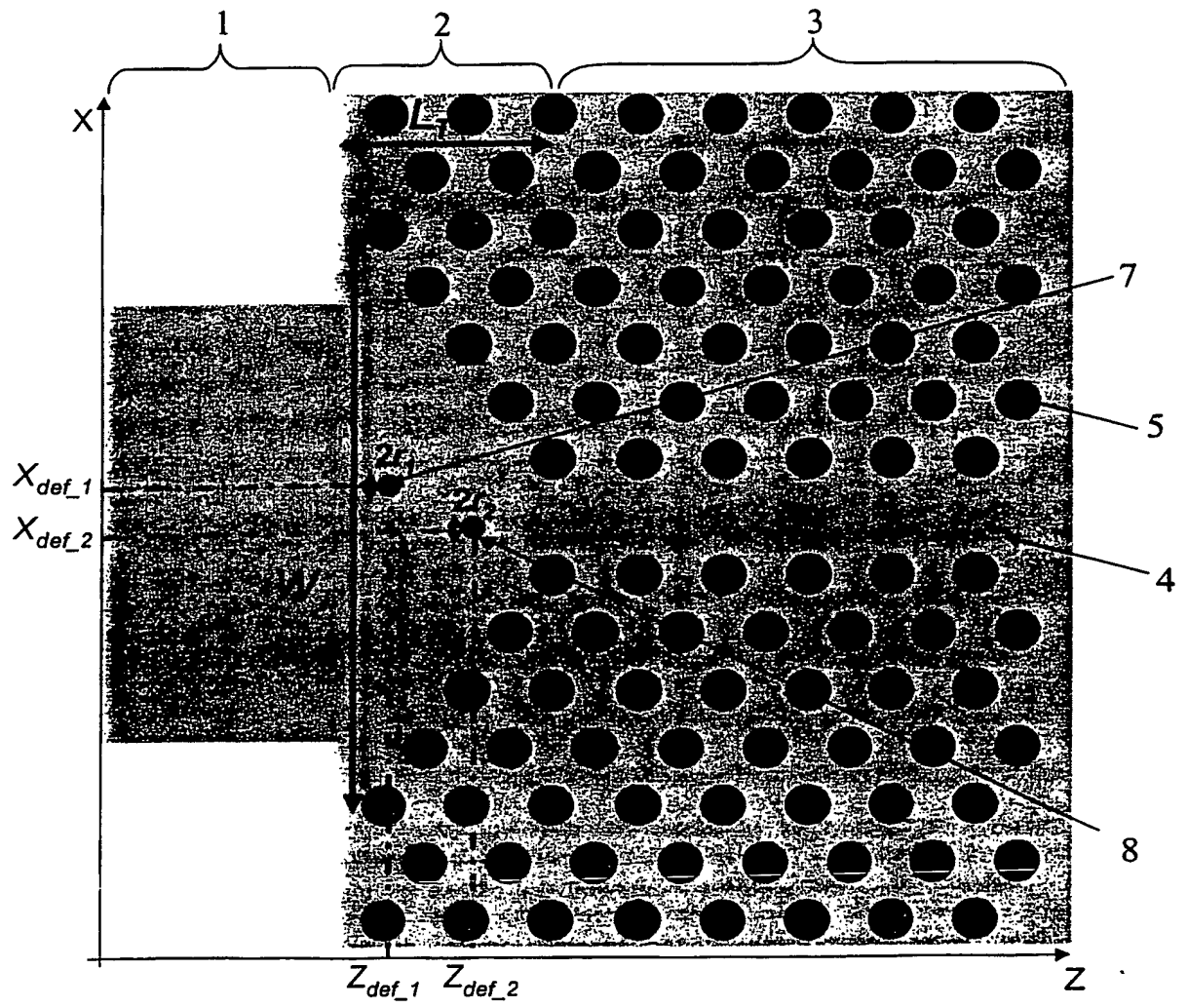


FIG.4

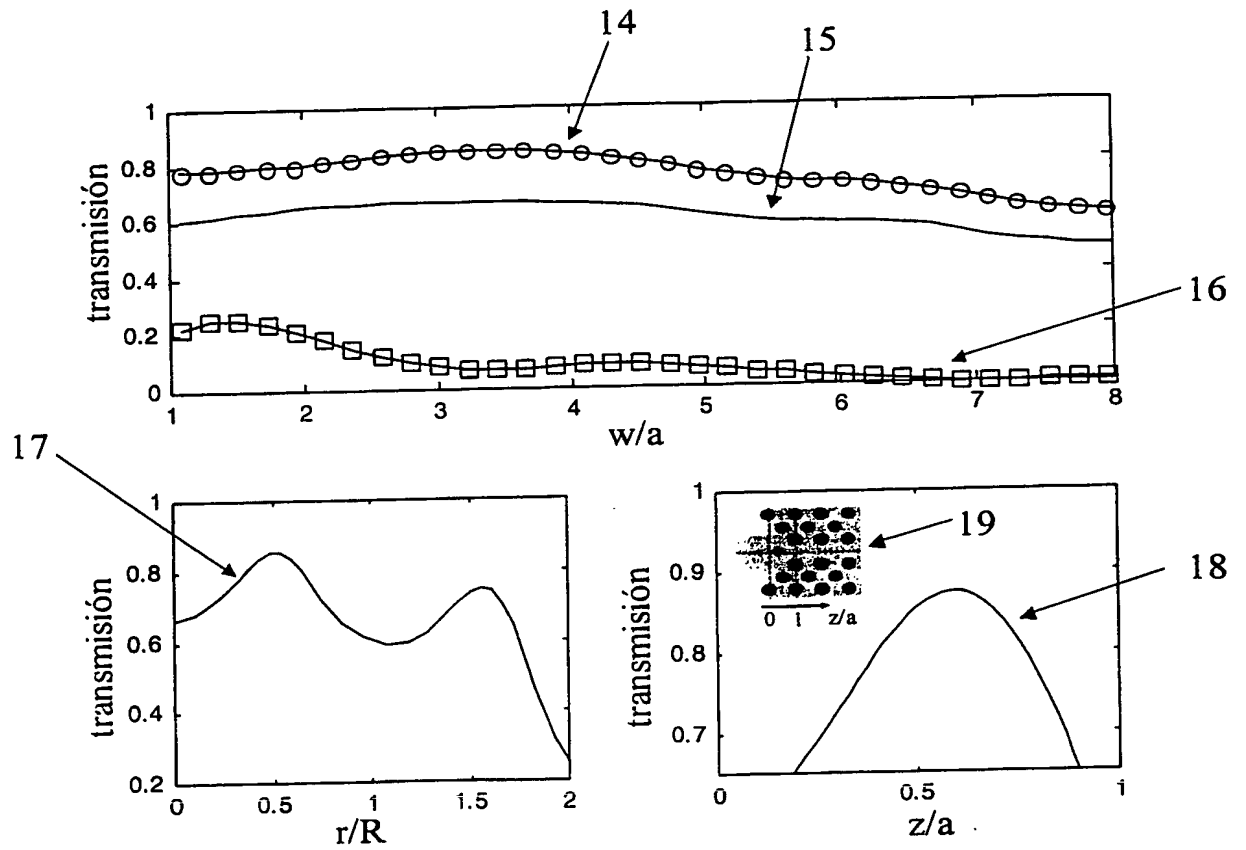


FIG.5

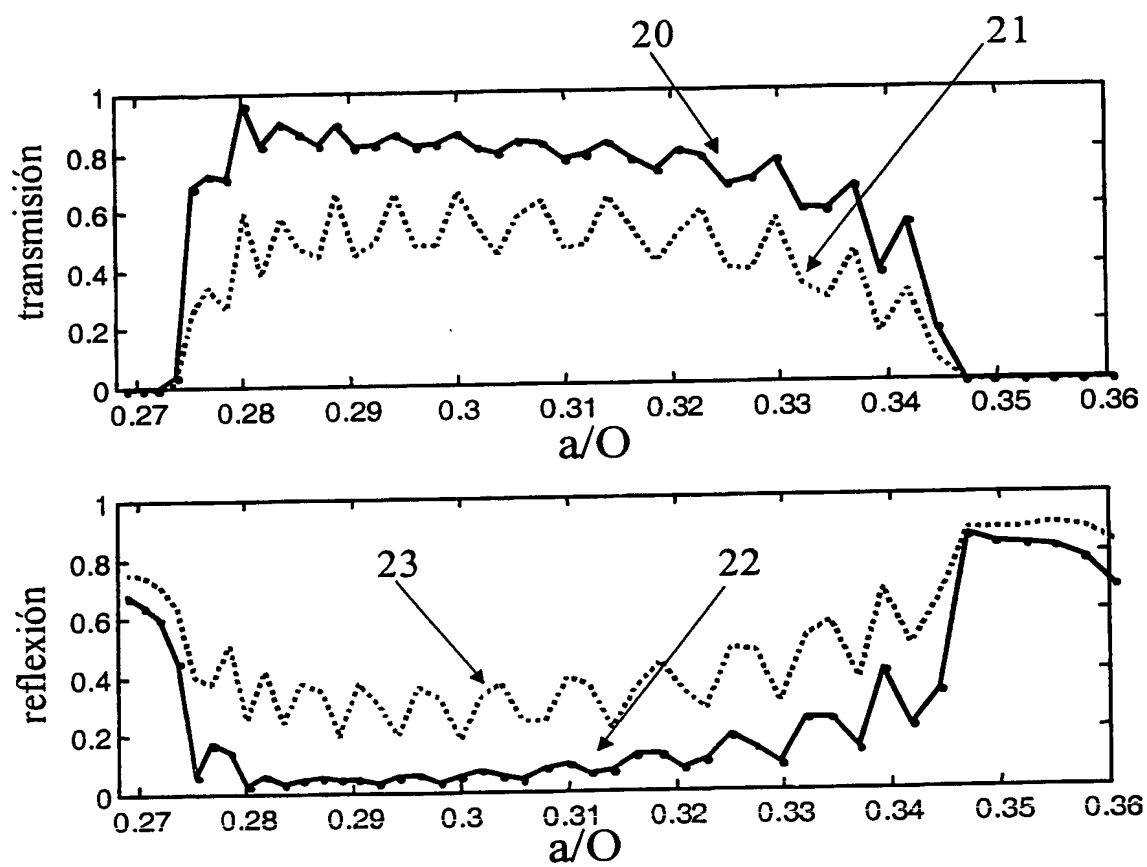


FIG.6

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**